

УДК 004.932

**АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК****П.В. ЯРОШЕВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Р.П. БОГУШ)*

Рассматривается классификация современных методов обнаружения свободных мест на автостоянках. Представлена общая модель построения алгоритмов классификации парковочных мест на свободные и занятые, приведены характеристики современных алгоритмов мониторинга статусов парковочных мест.

Системы видеонаблюдения приобретают все большую значимость в различных сферах деятельности человека [5; 8; 14]. Благодаря развитию технологий компьютерного зрения предложен ряд систем видеонаблюдения с интеллектуальной обработкой входных видеоданных, включая системы управления автомобильными парковками. Такие видеосистемы могут автоматически выполнять многие функции. Например, определение занятости парковочного места, подсчет количества автомобилей на стоянке, определение расположения или типа транспортного средства, анализ активности людей, предоставление справочной информации в виде маршрута к парковочному месту, удаленное наблюдение владельца за автомобилем с помощью смартфона и оповещение в случае возникновения нештатной ситуации и т.д.

Очевидно, что для таких систем необходимо алгоритмическое обеспечение по обработке входных видеоданных, основным требованием к которому является высокая эффективность классификации парковочных мест, в том числе при наличии различных шумовых факторов: теней, световых пятен в солнечную погоду, изменение общей освещенности автомобильной парковки в течение суток, изменение погодных условий и т.д. Таким образом, сложность задачи предопределило разработку и развитие ряда методов и алгоритмов для её решения. В настоящее время задача автоматизированного обнаружения свободных парковочных мест автостоянки в системах видеонаблюдения не решена в полной мере, следовательно, исследования в данном направлении являются актуальными и необходимыми.

Использование видеоданных, полученных с камер наружного видеонаблюдения, сопряжено со следующими проблемами:

- требуется установить камеру видеонаблюдения достаточно высоко;
- при удалении от точки съемки места парковки характеризуются меньшим количеством информации;
- бросающиеся на сцену тени автомобилей, столбов, ограждений пешеходов и др.;
- изменяемость освещения в зависимости от времени суток;
- влияние изменяемости погодных условий и времен года;
- структурирование парковочных мест на изображениях парковки;
- использование парадигмы «получение изображения» – «сжатие» – «передача» – «анализ» работы системы.

В ряде публикаций [2; 12] авторы отмечают то, что в зависимости от используемых методов системы мониторинга парковочных мест можно разделить на три группы:

- основанные на обнаружении автомобилей (car-driven methods, car-oriented methods – CO);
- основанные на сравнении со свободными парковочными местами (space-driven methods, space-oriented methods – SO);
- смешанные/гибридные методы (hybrid methods – H).

Основной компонентой любого предложенного метода является алгоритм классификации. Общая модель алгоритма классификации парковочных мест может быть представлена в виде последовательности следующих шагов, на первый из которых передается изображение парковки:

- извлечение регионов интереса парковочных мест;
- вычисление признаков каждого отдельного региона интереса парковочного места;
- классификация вычисленных признаков – определение статусов соответствующих парковочных мест;
- интерпретация результатов, которая может включать в себя как визуализацию статусов на исходном изображении парковки, так и их представление в цифровом виде для дальнейшей передачи или обработки.

Под регионом интереса (Region Of Interest – ROI) парковочного места (РИ) подразумевается область на исходном изображении, характеризующая данное место парковки. Например, в работе [11] каж-

дое парковочное место характеризуется четырьмя областями: областью земли и тремя областями предполагаемого припаркованного автомобиля (боковая, передняя стороны и крыша).

В работах, посвященных системам мониторинга парковочных мест и определениям их статусов, основное внимание уделено описанию и оценке эффективности используемых дескрипторов. Обычно используется один алгоритм классификации, хотя некоторые работы сравнивают эффективность нескольких.

Общая модель алгоритма классификации парковочных мест, является скелетом большинства рассмотренных методов, в которых также можно выделить алгоритмы, предшествующие ей и выполняющиеся после неё. Алгоритмы предобработки предназначены для того, чтобы подготовить исходные данные в приемлемый для метода вид. К алгоритмам предобработки можно отнести: преобразование перспективы; определение регионов парковочных мест; преобразование в требуемое цветовое пространство; извлечение изображений региона интересов парковочного места. Алгоритмы постобработки нацелены на улучшение результатов этапа классификации признаков, и представляют собой корректировку и объединение результатов классификации.

В таблице приводится сравнительная характеристика современных алгоритмов мониторинга статусов парковочных мест для организации интеллектуальных систем управления автопарковками.

Таблица – Современные алгоритмы мониторинга статусов парковочных мест

Источник	Тип метода	Цветовое пространство	Алгоритм обучения	Условия работы						Число парковочных мест	Точность метода, %
				искажение перспективы	межобъектное перекрытие	эффекты теней	изменяемость освещенности	различные погодные условия	работа в ночное время суток		
[6]	CO	RGB	Thrshld	-	-	+	-	-	-	10	-
[7]	CO	RGB	Thrshld	-	-	+	+	+	+	10	93
[15]	SO	Chrom	SVM	-	+	+	-	-	-	46	93.5
[4]	SO	YUV	-	-	+	-	-	-	-	52	90
[1]	SO	Gray	SVM	-	-	+	+	+	-	28	99.8
[2]	SO	Gray	SVM	+	-	+	+	+	-	28	99.6
37				99.3							
100				99.6							
[3]	SO	HSV	SVM	+	-	+	+	+	-	28	96
37				93							
100				87							
[9]	H	RGB	Bayes	+	+	-	-	-	-	46	99
[10]	H	RGB	Bayes	+	+	+	+	-	-	46	99
[11]	H	RGB	Bayes	+	+	+	+	+	+	72	98.5
[13]	H	RGB	Network	-	-	+	+	-	+	126	97.9
[12]	H	RGB	Network	-	-	+	+	-	+	126	97.9

В публикации [6] D.B.L. Bong и др. был предложен проект «Информационная система занятости парковки» (Car-Park Occupancy Information System – COINS). В этой работе рассматривается структурирование парковочных мест на автостоянке на основе комбинированного метода, включающего два шага. Причем первый шаг выполняет оператор, который выделяет границы каждого места парковки белым цветом и присваивает центральному пикселю желтый цвет. На втором шаге на основе программной реализации алгоритма выполняется автоматический поиск преобразованных пикселей желтого цвета и определение координат границ обнаруженного региона интереса. Функция обнаружения состоит в процентном содержании белых пикселей в разнице бинаризованных изображений места парковки текущего кадра и изображения свободного парковочного места. Если количество белых пикселей больше 30%,

парковочное место считается занятым. В экспериментах демонстрируется работа системы на примере парковки, состоящей из 10 мест, при различных сценариях парковки одного или двух автомобилей на различных местах парковки. В следующей работе [7] авторы переопределили порог для функций обнаружения объекта до 40%. Приведены результаты работы системы для симуляционной модели, представленной уменьшенной копией парковки и игрушечными машинками. Работа системы также была оценена и в реальных сценариях: при различных состояниях освещения (утреннее, дневное, ночное, облачное) и при различных помехах, вызванных дождем различной степени силы. Точность определения занятости парковочного места составляет 93%.

В [15] авторы предлагают осуществлять классификацию трех мест парковки за один раз. Так как каждое парковочное место может быть свободным или занятым, то для классификации используется 8-классовый классификатор метода опорных векторов. Эффективность подобного рода классификации составляет 84%. При использовании системы случайных полей Маркова (Markov Random Field – MRF) для корреляции результатов классификации методом опорных векторов, улучшается вероятность правильной классификации до 94%. Предложенная система работает при наличии значительных перекрытий между автомобилями и наличии теней на снимках.

В [4] авторы разработали систему, которая использует одну камеру видеонаблюдения для наблюдения за автомобильной парковкой, состоящей более чем из 100 парковочных мест. Для определения вакантности места парковки используется комбинация двух типов алгоритмов: статистический анализ изображений регионов интереса парковочного места и динамического анализа изображений. Точность предложенного метода составляет 90%.

В работе [1] для задачи классификации парковочных мест авторы оценивают эффективность использования в качестве дескрипторов LBP и LPQ. Авторами достигается показателя коэффициента ошибки в 0.16% при использовании комбинаций дескрипторов и различных классификаторов. Отличительной чертой этой работы является то, что в качестве данных для исследования было использовано большое количество снимков парковки, содержащих 105837 изображений регионов интереса мест парковки. В своей следующей работе [2] авторы продолжили сравнивать дескрипторы LBP и LPQ при использовании в качестве классификатора метода опорных векторов. База данных, изображений регионов интереса мест парковки была расширена до 695899. Новую версию базы снимков парковки формируют изображения двух парковок, снятых на три камеры, снимки которых осуществлялись в течение дня, на протяжении нескольких суток. Эти изображения были получены при различных погодных условиях, тенях бросаемых на сцену, условиях освещенности [16]. Точность предложенного метода для изображений, полученных с трех камер: UFPR04 (28 мест), UFPR05 (37 мест) и PUCPR (100 мест), составляет 99% для каждой из них.

В предложенной в работе [3] системе в качестве дескриптора парковочного места используется гистограмма цвета компоненты тона, а классификация данных осуществляется методом опорных векторов с линейным ядром. Авторами предлагается передавать с камеры видеонаблюдения не снимки парковки, а вычисленные для изображений регионов интереса мест парковки дескрипторы. В качестве данных для исследования использовалась база данных PkLot. Точность предложенного метода для изображений, полученных с трех камер: UFPR04 (28 мест), UFPR05 (37 мест) и PUCPR (100 мест), составляет 96, 93 и 87% соответственно.

В работах [9–11] авторы предлагают рассматривать парковку в виде иерархии изображений: изображения регионов интереса парковочного места формируют место парковки, парковочные места, идущие друг за другом, формируют парковочные ряды, которые, в свою очередь, составляют парковку. Авторы строят 3D-модель каждого места парковки с помощью четырех изображений регионов интереса парковочных мест, представляющих переднюю, боковую, верхнюю плоскости автомобиля и поверхности земли. Каждая из поверхностей отдельно классифицируется как свободная или занятая, на основе полученных результатов определяется статус места парковки. Также при классификации учитываются регионы интереса и не принадлежащие месту парковки, если оно перекрыто поверхностями тех регионов интереса. Предлагаемая система обеспечивает надежное обнаружение свободных парковочных мест с точностью, равной 99.37%, при различных погодных условиях, сильных изменениях освещения, теневых эффектах, межобъектном перекрытии, искажении перспективы, недостаточности освещения в ночное время суток.

Авторы в [13] предложили использовать обучаемые нейронные сети для определения статусов парковочных мест. Метод адаптивен к изменению интенсивности света с помощью определения эталонного пикселя тротуара. Отдельно рассматривается определение статусов парковочных мест в ночное время. Точность составила 99% для занятых мест парковки и 97% – для свободных парковочных мест, для исследуемого 24-часового видео.

В работе [12] авторы производят анализ снимков парковки, полученных в течение суток. Для определения статуса парковочного места используются особенности, связанные с освещением, статистические значения пикселей, гистограмма цветов, особенности краев, которые классифицируются нейронными сетями. Для повышения точности предложенного метода используется метод обнаружения движения. Точность составляет 99% для занятых парковочных мест и 97.9% для свободных.

Заключение. Представлена классификация современных методов обнаружения свободных мест на автостоянках. Рассмотрена общая модель построения алгоритмов классификации парковочных мест, которая предполагает извлечение регионов интереса парковочных мест, вычисление признаков каждого отдельного региона интереса парковочного места, классификацию вычисленных признаков и определение статусов соответствующих парковочных мест, а также интерпретацию результатов. В работе также приведены характеристики современных алгоритмов мониторинга статусов парковочных мест.

ЛИТЕРАТУРА

1. Parking space detection using textural descriptors / P.R. de Almeida [et al.] // In IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC). – 2013. – P. 3603–3608.
2. Pklot – a robust dataset for parking lot classification / P.R. de Almeida [et al.] // Expert Systems with Applications. – 2015. – Vol. 42, no. 11. – P. 4937–4949.
3. A visual sensor network for parking lot occupancy detection in Smart Cities / L. Baroffio [et al.] // wf-iot. – 2015.
4. Cost-effective single-camera multi-car parking monitoring and vacancy detection towards real-world parking statistics and real-time reporting / K. Blumer [et al.] // [J]. Neural Information Processing, Lecture Notes in Computer Science. – 2012. – P. 506–515.
5. Motion Detection and Tracking Algorithms in Video Streams / R. Bogush [et al.] // VNU Journal of Science, Mathematics – Physics. – 2009. – Vol. 25, no. 3. – P. 143–151.
6. Bong, D.B.L. Car-Park Occupancy Information System / D.B.L. Bong, K.C. Ting, N. Rajaei // Third Real-Time Technology and applications symposium, RENTAS 2006, Serdang, Selangor, December 2006.
7. Bong, D.B.L. Integrated approach in the design of car park occupancy information system / D.B.L. Bong, K.C. Ting, K.C. Lai // IAENG International Journal of Computer Science. – 2008. – 35. P. 1–8.
8. Brovko, N. Smoke detection algorithm for intelligent video surveillance system / N. Brovko, R. Bogush, S. Ablameyko // Computer Science Journal of Moldova. – 2013. – Vol. 21, no. 1(61). – P. 142–156.
9. A bayesian hierarchical detection framework for parking space detection / C.-C. Huang [et al.] // In Processing, 2008. ICASSP 2008. IEEE international conference on acoustics, speech and signal. – 2008. – P. 2097–2100.
10. Huang, C.-C. A hierarchical bayesian generation framework for vacant parking space detection / C.-C. Huang, S.-J. Wang // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2010. – 20. – P. 1770–1785.
11. Huang, C.-C. Vacant parking space detection based on plane-based bayesian hierarchical framework / C.-C. Huang, Y.-S. Tai, S.-J. Wang // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2013. 23. – P. 1598–1610.
12. Car park system: A review of smart parking system and its technology / M.Y.I. Idris [et al.] // Information Technology Journal. – 2009. – 8(2). – P. 101–113.
13. One-day long statistical analysis of parking demand by using single-camera vacancy detection / [et al.] // Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. – 2014. – 14, 33.
14. Ngan, K. Video Segmentation and Its Applications / K. Ngan, H. Li // Springer; 2011. DOI 10.1007/978-1-4419-94182-0.
15. Robust parking space detection considering inter-space correlation / Q. Wu // In IEEE international conference on multimedia and expo. – 2007. – P. 659–662.
16. PKLot – A robust dataset for parking lot classification [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.inf.ufpr.br/vri/databases/PKLot.tar.gz>, свободный. – Дата доступа: 15.12.2015.